

Protección del Paisaje Natural de La Maná, Ecuador, a través de la Utilización de Materiales Tradicionales de Construcción del Sector

Protection of the Natural Landscape of La Maná, Ecuador, Through the Use of Traditional Construction Materials in the Sector

Para citar este trabajo:

Molina, V., y Becerra, M., (2024) Protección del Paisaje Natural de La Maná, Ecuador, a través de la Utilización de Materiales Tradicionales de Construcción del Sector. *Reincisol*, 3(6), pp. 4947-4970. [https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)4947-4970](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)4947-4970)

Autores:

Molina Ruiz Víctor Elías

Universidad Nacional de Chimborazo
Ciudad: Riobamba, País: Ecuador
Correo Institucional: victor.molina@unach.edu.ec
Orcid <https://orcid.org/0009-0007-9465-6041>

Becerra Martínez Marcelo Alejandro

Universidad Nacional de Chimborazo
Ciudad: Riobamba, País: Ecuador
Correo Institucional: marcelo.becerra@unach.edu.ec
Orcid <https://orcid.org/0000-0003-3163-5802>

RECIBIDO: 16 septiembre 2024

ACEPTADO: 22 octubre 2024

PUBLICADO 17 noviembre 2024

Este estudio, a través de un diseño cuasi-experimental, comparativo y transversal, evaluó 112 viviendas en el cantón La Maná para determinar las razones por las cuales la caña guadua, un recurso local abundante, no es ampliamente utilizada en la construcción a pesar de sus potenciales beneficios. El diagnóstico inicial reveló que en la zona urbana de La Maná, el hormigón armado es el material predominante en las edificaciones, siendo importado en su mayoría. A pesar de esto, el análisis comparativo demostró que la construcción con guadua ofrece ventajas significativas en términos de costo y menor impacto ambiental. Sin embargo, factores culturales arraigados, como la percepción de menor durabilidad y resistencia al fuego, han limitado su adopción. Los resultados sugieren la necesidad de implementar políticas públicas y programas de capacitación para superar estas barreras y promover el uso de la guadua como una alternativa sostenible y económica en la construcción.

Palabras clave: Guadua; construcción sostenible; hormigón armado; impacto ambiental, materiales locales.

Abstract

This study, using a quasi-experimental, comparative, and cross-sectional design, evaluated 112 homes in the canton of La Maná to determine the reasons why the guadua, an abundant local resource, is not widely used in construction despite its potential benefits. The initial diagnosis revealed that in the urban area of La Maná, reinforced concrete is the predominant material in the buildings, mostly imported. Despite this, the comparative analysis showed that construction with guadua offers significant advantages in terms of cost and lower environmental impact. However, deep-rooted cultural factors, such as the perception of lower durability and fire resistance, have limited its adoption. The results suggest the need to implement public policies and training programs to overcome these barriers and promote the use of guadua as a sustainable and economical alternative in construction.

Keywords: Guadua; sustainable construction; reinforced concrete; environmental impact; local materials.

La creciente preocupación global por la sostenibilidad y la preservación de los ecosistemas ha revalorizado los materiales de construcción tradicionales. En este contexto, el presente estudio se centra en el uso de la guadua, un bambú leñoso con propiedades excepcionales, como alternativa sostenible a los materiales convencionales en la construcción de viviendas en el cantón La Maná, Ecuador, como es el caso del hormigón armado. Alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, especialmente el ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y el ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres), este trabajo busca demostrar que la construcción con guadua puede contribuir a la protección del paisaje natural y a la creación de comunidades más sostenibles.

En tal sentido, los investigadores y profesionales tenemos el compromiso de tender puentes que contribuyan a una mejor relación entre la sociedad y el planeta como medio natural y vital, por ende, el presente estudio se centró en buscar parámetros claros que demostraran cómo las prácticas tradicionales de construcción de viviendas actualmente en proceso van en desmedro de los paisajes naturales en muchos sectores del Ecuador, mostrando a su vez que existen alternativas renovables como solución alternativa a este problema, y en ese sentido, la presente investigación se sustenta en dos estudios que abordan a profundidad la temática, el primero es de Mario Añazco, titulado “La Vulnerabilidad del Bambú (*Guadua Angustifolia*) al cambio climático en la costa del Ecuador” del año 2013 y, el segundo, del Arquitecto Jorge Morán, denominado “La Vulnerabilidad de las viviendas de Bambú al Cambio Climático en la Costa del Ecuador” del año 2014, ambos proyectos financiados por la Unión Europea y la Red Internacional del Bambú y Ratán.

La elección de La Maná se justifica por su rica biodiversidad, su creciente urbanización y su potencial para convertirse en un referente en la construcción sostenible en Ecuador. Esta región, caracterizada por su exuberante vegetación y su ubicación en las estribaciones de la Cordillera Occidental de Los Andes, específicamente la Provincia de Cotopaxi, a 150Km de su Capital Latacunga, cuya morfología la ubica sobre una llanura de pie de cordillera compuesta por depósitos aluviales cubiertos de cenizas y arenas

volcánicas con una cabecera Cantonal que se asienta sobre la terraza aluvial antigua del Río San Pablo, con varios pisos climáticos que varían de subtropical a tropical (altura variable de 200 y 1150 msnm), y una población al 2015 de 49.035 Habitantes (GAD La Maná, 2015, p. 15), representa un laboratorio natural para evaluar la viabilidad de la construcción con materiales locales y sostenibles. Siguiendo los postulados de autores como Victor Olgyay (1963), quien enfatizó la importancia de diseñar edificios en armonía con el clima, y Ken Yeang (1994), pionero en la arquitectura ecológica, este estudio busca demostrar que la construcción con guadua puede contribuir a mejorar la calidad de vida de sus habitantes al reducir el impacto ambiental, fomentar el desarrollo local y preservar el patrimonio cultural de la región.



Figura 1: Ciudad de la Maná.

En efecto, La Maná goza de una inmensa riqueza cultural, ya que en 1916 llegan los primeros colonos, y en 1926 aparece oficialmente el nombre de La Maná, como parte de la escritura pública que otorga el Sr. Julio Rivadeneira a los señores Carlos Lozada Quintana y Gonzalo Albarracín. El señor Rivadeneira vende los terrenos montañosos denominados La Maná, por la dificultad del terreno y la escasa población. Desde 1916 el señor Reinaldo Albarracín comienza el trazado del pueblo. Se descubren los lavaderos de oro en Estero Hondo, lo cual impulsó un movimiento migratorio interesante desde otros confines de la Patria. Expertos en lavar oro como los azuayos y gente de Portovelo aparecen por primera vez en la historia de La Maná,

aficionados a la minería y tala de montañas, entre ellos Abdón Sevillano, quien contribuyó a la formación de La Maná explotando la montaña y trayendo para ello mucha gente costeña, que más tarde se quedaron a vivir en dicho lugar construyendo muchas viviendas con materiales de la montaña (GAD La Maná, 2015).

En consecuencia, la guadua se convirtió en un recurso valiosísimo para la población humana de La Maná, siendo reconocida como el tercer bambú más alto del mundo y considerada entre las 20 mejores especies de bambú del planeta (Añazco, 2013, p. 6), ha sido objeto de numerosas investigaciones que destacan sus propiedades mecánicas, ambientales y socioeconómicas. Autores como Janine Benyus (1997) han promovido la biomimética, inspirándose en la naturaleza para desarrollar soluciones sostenibles. En el caso de la guadua, su estructura ligera y resistente, similar a la de los huesos, la convierte en un material ideal para la construcción de viviendas sismorresistentes y energéticamente eficientes (Arango, 2015).

Sin embargo, a pesar de sus ventajas, la guadua ha enfrentado desafíos en su implementación a gran escala. Estudios como el de Morán (2013) han revelado la vulnerabilidad de las construcciones de bambú ante ciertos eventos climáticos extremos. No obstante, investigaciones más recientes han demostrado que mediante el uso de técnicas constructivas adecuadas y tratamientos preventivos, es posible garantizar la durabilidad y la seguridad de las estructuras de guadua.

Este estudio se basa en un análisis detallado de las viviendas existentes en La Maná, con el objetivo de identificar las principales tendencias en los materiales de construcción y evaluar su impacto ambiental. A través de una comparación con proyectos de construcción con guadua en otras regiones, se busca determinar la viabilidad técnica y económica de esta alternativa en el contexto local.

Para una mejor descripción del paisaje de La Maná se realizó un análisis fotográfico con base a datos encontrados en la web, específicamente de la vía principal que cruza el cantón, tanto de la zona consolidada como la no consolidada, cuantificando en porcentajes los materiales utilizados para la construcción de viviendas. Además, se hizo una ponderación para establecer

la muestra de los sectores más representativos, la zona consolidada fue clasificada en tres grupos a saber: los del inicio, centro y final de la ciudad. Para la zona no consolidada, se establecieron dos grupos, los del ingreso desde la región costa y los del ingreso desde la región sierra. Todo ello se representa a continuación de la siguiente manera:

Zona Consolidada



Figura 2: Centro de ciudad.

Tabla 1: Resultados de Zona Consolidada.

MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	NÚMERO DE VIVIENDAS	PORCENTAJE VIVIENDAS
ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO	60	100%
ESTRUCTURA METÁLICA	0	0%
ESTRUCTURA DE MADERA	0	0%
ESTRUCTURA DE CAÑA GUADUA	0	0%
TOTAL	60	100%

Zona No Consolidada



Figura 3: Ingreso desde la región sierra.

Tabla 2: Resultados de Zona No Consolidada.

MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	NÚMERO DE VIVIENDAS	PORCENTAJE VIVIENDAS
ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO	49	94%
ESTRUCTURA METÁLICA	0	0%
ESTRUCTURA DE MADERA	2	4%
ESTRUCTURA DE CAÑA GUADUA	1	2%
TOTAL	52	100%

Se plantea la hipótesis de que la sustitución del hormigón armado por la guadua en la construcción de viviendas en La Maná reducirá significativamente el impacto ambiental, fomentará el desarrollo local y contribuirá a la preservación del paisaje natural. Además, se espera que la construcción con guadua genere un ahorro de costos a largo plazo, gracias a su bajo costo de producción y a su capacidad para mejorar el confort térmico de las viviendas.

La selección de una metodología rigurosa es fundamental para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados en estudios comparativos como el presente. Tal como lo señalan autores como Creswell (2014), la elección del diseño de investigación, la selección de la muestra y la aplicación de instrumentos de medición adecuados son elementos clave para obtener evidencia empírica sólida. En este sentido, el presente estudio se propone comparar las fortalezas y debilidades de la guadua como material de construcción en relación con los materiales tradicionales utilizados en el cantón La Maná, Ecuador, siguiendo los lineamientos de investigaciones previas en el campo de la construcción sostenible, como las de Olgyay (1963) y Yeang (1994).

Diseño de la Investigación y Selección de la Muestra

Se ha adoptado un diseño cuasi-experimental, comparativo y transversal para evaluar las características de las viviendas construidas con guadua y otros materiales en el cantón La Maná. Este diseño, según sugieren Cook y Campbell (1979), es apropiado para estudios en los que no es posible manipular aleatoriamente las variables independientes.

La muestra estuvo compuesta por 112 viviendas, seleccionadas de manera estratificada. Se incluyeron viviendas que utilizan guadua como material de construcción principal o secundario y viviendas construidas con materiales tradicionales. La estratificación se realizó por tipo de vivienda y ubicación geográfica. Esta estrategia permitió comparar las características de las viviendas construidas con guadua con las de las viviendas construidas con materiales tradicionales, al tiempo que se garantiza una representación adecuada de la diversidad de viviendas en el cantón

Recolección de Datos

Para recopilar la información necesaria, se emplearon las siguientes técnicas:

- Revisión documental: Se realizó una revisión exhaustiva de documentos históricos, planos de construcción, normativas locales y estudios previos

sobre la construcción con guadua en Ecuador, siguiendo las recomendaciones de Creswell (2014) sobre la importancia de la triangulación de fuentes.

- Observación directa: Se efectuarán visitas a cada vivienda para registrar características físicas, materiales de construcción, sistemas constructivos y estado de conservación. Se utilizarán listas de cotejo y guías de observación diseñadas específicamente para este estudio.
- Entrevistas semiestructuradas: Se realizaron entrevistas a los propietarios de las viviendas para obtener información cualitativa sobre sus percepciones respecto a los materiales de construcción, el confort térmico, la durabilidad y otros aspectos relevantes. Las entrevistas se guiarán por un protocolo previamente elaborado, siguiendo las recomendaciones de Patton (2002).

Instrumentos de Medición

Los instrumentos de medición que se utilizaron son:

- Ficha técnica de vivienda: Un formulario estructurado para recopilar datos cuantitativos y cualitativos sobre cada vivienda, incluyendo características físicas, materiales de construcción, sistemas constructivos, estado de conservación y datos socioeconómicos de los propietarios.
- Guía de entrevista: Un documento que contiene preguntas abiertas y cerradas para explorar las percepciones y experiencias de los propietarios.

Análisis de Datos

Los datos recolectados se analizaron mediante un enfoque mixto, combinando técnicas cuantitativas y cualitativas. Se utilizó estadística descriptiva para caracterizar la muestra y analizar las variables cuantitativas. Para el análisis cualitativo, se empleó el software NVivo para codificar y categorizar los datos de las entrevistas, siguiendo las recomendaciones de Braun y Clarke (2006).

Variables de Estudio

Las principales variables consideradas en el estudio fueron:

- Variables independientes: Material de construcción principal (guadua, hormigón armado, madera, etc.), antigüedad de la vivienda, ubicación geográfica (urbana o rural).
- Variables dependientes: Impacto ambiental (consumo de energía, generación de residuos, emisiones de gases de efecto invernadero), costo de construcción, durabilidad, confort térmico, percepción de los usuarios sobre la calidad de vida y el valor estético de la vivienda.

RESULTADOS

La metodología usada se propuso realizar una comparación de fortalezas y debilidades del material tradicional de construcción y la guadua, como planteamiento principal de la hipótesis presentada en la investigación seleccionada. Esta comparación se la realizó en tres categorías diferentes: ambiental, económica y del paisaje cultural. A continuación, se muestra los resultados obtenidos según la metodología utilizada.

Tabla 3: Categoría Ambiental.

FORTALEZAS	DEBILIDADES
Caña Guadua encaja en los programas de Reforestación de la Subsecretaría de Producción forestal del Ministerio de Agricultura, Ganadería, acuacultura y Pesca (MAGAP) (Añazco, 2013).	La sobre explotación de culmos, puede perjudicar a la población de guadua entera, se recomienda un aprovechamiento del 50% (Añazco, 2013).
Se han registrado más de 120 especies de plantas asociadas al guadua, más de 48 especies de aves, 20 mamíferos y 7 reptiles (Añazco, 2013).	La ausencia de precipitaciones por el cambio climático puede ser considerado un escenario desfavorable para la caña guadua por cuanto sus requisitos de agua son indispensables sobre todo en su período inicial cuando se establece la

	plantación (Añazco, 2013).
3.000 culmos/ha representa un almacenamiento de carbono de cerca de 34 toneladas/ha (Stern, 2001).	La caña guadua como todo vegetal está expuesta al ataque de plagas y/o enfermedades en cualquier fase de su ciclo productivo (Añazco, 2013)
La siembra de la caña guadua estabiliza los cursos del río durante los periodos de inundación (Cooper, 2005).	Las cubiertas pueden estar amenazadas por las lluvias de alta intensidad, duración y frecuencia que se pronostican por el cambio climático (Morán, 2014).
Recupera las áreas erosionadas, especie utilizada para la restauración ecológica, reduce el riesgo de deslizamientos (Cooper, 2005).	Las paredes pueden ser amenazadas por la acción del viento llevando a su interior el agua de las lluvias o el polvo del verano, también pueden ser amenazadas las plantaciones por el quebramiento de algunos culmos (Morán, 2014).
Ecuador se encuentra dentro de los países más ricos en estos recursos en el continente americano (Añazco, 2013).	Los cimientos en las casas de caña prácticamente no existen, ya que solo se suelen enterrar los pilares que siendo materiales orgánicos de reducida densidad son afectados por la humedad (Morán, 2014).
Se fija el carbono en los bosques que están creciendo (Stern, 2001).	Su estructura puede estar amenazada por los incendios (Morán, 2014).
Presenta una alta diversidad genética, con una alta posibilidad de tolerar cambios climáticos por su gran número de genotipos (Añazco, 2013).	
Reduce la huella ecológica por su bajo consumo energético (Añazco, 2013).	
Recurso renovable (Añazco, 2013).	

Tabla 4: Categoría Económica.

FORTALEZAS	DEBILIDADES
La acción destructiva ocasionada por sismos y terremotos a las viviendas de caña guadua han sido irrelevantes, la masa de estas es factor determinante para minimizar los efectos del sismo, sus fibras naturales son muy fuertes (Morán, 2014)	Material que se encuentra poco industrializado en el Ecuador (García, 2013).
Material multiusos al cual se le atribuye más de 1000 usos, no solo constructivos (Morán, 2014).	La falta de un sistema vial que permita la comercialización adecuada del material.
Velocidad de crecimiento alta, de 10 a 21 cm al día, alcanzando 30 m en seis meses, de 2 a 4 años su época de cosecha (Morán, 2014).	El mantenimiento para preservar su durabilidad en el futuro.
Puede aprovechar los fertilizantes utilizados en la producción de arroz (Añazco, 2013).	
El rango térmico donde mejor se adapta la caña guadua se encuentra entre los 20° a los 26° grados, la temperatura de La Maná es de 24° (GAD La Maná, 2015).	
El 27,5 % de la caña guadua que se produce en el Ecuador, corresponde a la Provincia de los Ríos vecina al Cantón la Maná, está ubicada en el segundo puesto a nivel nacional (Corpei, 2005).	
El precio de la caña guadua en el Cantón la Maná por unidad o tallo es de 4,50 dólares con una dimensión de 6 metros de largo (García, 2013).	

Tabla 5: Paisaje Cultural.

FORTALEZAS	DEBILIDADES
Las culturas que habitaron la costa ecuatoriana como la Valdivia, Machalilla y Chorrera durante el período formativo (3.500 AC a 500 AC), ya utilizaron la caña guadua para edificar sus viviendas o templos precolombinos (Morán, 2014).	La creencia que es un material de construcción solo para la gente pobre, ya que hay muchas viviendas de interés social han sido construidas con este material.
Para las etnias indígenas ha sido un recurso de inigualable valor, al punto que algunas lo consideran sagrado. Los shuar llaman a la guadua kenku y la relacionan con la cosmogonía de la diosa Nunkui, la diosa madre, procreadora (Morán, 2014).	
Armonía con la naturaleza.	

Al realizar un análisis comparativo entre el material de construcción tradicional predominante en el sector (hormigón armado) y la guadua, se identificaron diferencias significativas en términos de costo e impacto ambiental. Estas diferencias fueron cuantificadas mediante la comparación de dos elementos estructurales clave:

Costo

Se estimó el costo de una columna de hormigón armado de 3 metros de altura y 30x30 cm de sección, dimensiones típicas para construcciones de baja altura en la región por el intenso calor según Normas Ecuatorianas de Construcción (NEC), considerando una armadura de acero de 4Ø14, 4Ø12, con estribos de amarre de 23Ø10 con un peso total en 40,76Kg y calculando la cantidad de hormigón simple multiplicando las dimensiones de la sección por la altura de la columna dio una cantidad de 0,27m³ de hormigón, un promedio de los precios de materiales y mano de obra obtenidos del Servicio de Contratación Pública del Ecuador (SERCOP), específicamente de la Consultoría de repotenciación de la Unidad Educativa Guayaquil de la Ciudad de Ambato, el costo total de la columna de hormigón armado,

incluyendo su mano de obra y herramientas menores, fue de USD 134.24.

Por otro lado, se calculó el costo de una columna de guadua de las mismas dimensiones, utilizando los precios de mercado en base al Estudio de Comportamiento de Demanda para el Uso de la Caña Guadua en el Ecuador del Departamento de Ciencias Económicas Administrativas y de Comercio de la Escuela Politécnica del Ejercito, sede Quito, proporcionados por la Ingeniera Carla García (2013), donde se determina según la encuesta realizada la demanda del producto y los precios del mercado de varias fincas del Ecuador, el precio de compra de la caña guadua con una dimensión de 6 metros de largo es de USD 4.50, que cortada puede conformar dos columnas de 3 metros de largo, el equivalente a una columna de hormigón armado para una estructura máxima de dos pisos de altura, según el manual de construcción del Bambú elaborado por el Arquitecto Jorge Morán Ubidia (Morán, 2014), a este valor se le agrega USD 45.77 del costo de mano de obra estimado por CYPE Ingenieros del Ecuador. El costo total de la columna de guadua fue de USD 50.27, significativamente menor que el de la columna de hormigón armado.

Estos resultados concuerdan con investigaciones previas que han demostrado que la construcción con guadua puede ser una alternativa más económica, especialmente en regiones donde este material es abundante y existe mano de obra local calificada (Janssen, citado por Ordóñez, 1999).

Impacto Ambiental

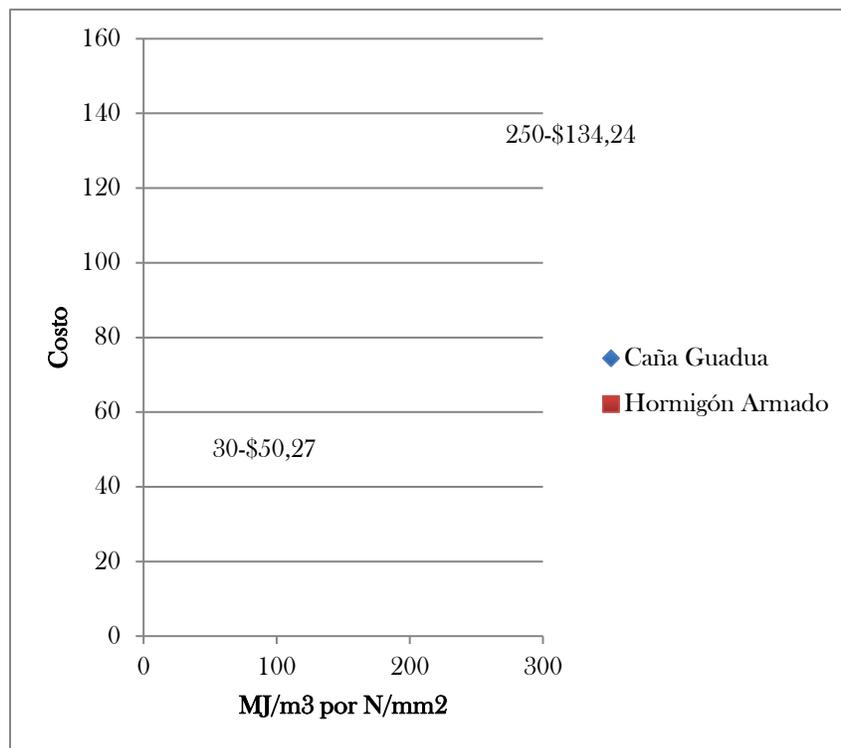
Para evaluar el impacto ambiental de ambos materiales, se utilizó como indicador la tasa de energía requerida para su producción, expresada en MJ/m^3 por N/mm^2 que relaciona el Fluido Térmico con la Presión. De acuerdo con los datos proporcionados por Morán (2014), la tasa de energía para la producción de guadua es de 30 MJ/m^3 por N/mm^2 , mientras que para el hormigón armado es de 240 MJ/m^3 por N/mm^2 . Estos resultados indican que la producción de guadua requiere significativamente menos energía que la producción de hormigón armado, lo que se traduce en menores emisiones de gases de efecto invernadero y un menor impacto ambiental.

Además del menor consumo energético, la guadua presenta otras ventajas

ambientales, como su capacidad de secuestrar carbono y su carácter renovable. Según estudios realizados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (2020), la utilización de la guadua en la construcción contribuye a la mitigación del cambio climático y a la conservación de los ecosistemas.

Análisis Comparativo

Tabla 6. Resultados relación variables objetivas Costo – Contaminación Ambiental.



Como puede observarse, la tabla anterior resume los resultados obtenidos de la Variable Hormigón Armado y Guadua, en un costo (USD) de 134.24 y 50.27 respectivamente, con relación a la tasa de energía (MJ/m³ por N/mm²) de 240 y 30, demostrando que la guadua en la construcción contribuye a la mitigación del cambio climático y el desarrollo sustentable.

Conclusiones Preliminares

Los resultados de este análisis preliminar indican que la construcción con guadua presenta ventajas significativas en términos de costo e impacto ambiental en comparación con la construcción tradicional con hormigón armado. Sin embargo, es necesario realizar estudios más detallados para evaluar otros aspectos, como la durabilidad, la resistencia sísmica y la percepción de los usuarios.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio revelan una clara ventaja de la guadua sobre el hormigón armado en términos de costo e impacto ambiental para la construcción de viviendas de baja altura en el cantón La Maná. Estos hallazgos corroboran las investigaciones previas realizadas por autores como Janssen (citado por Ordóñez, 1999) y Morán (2014), quienes han destacado las propiedades mecánicas y ambientales de la guadua, así como su potencial para reducir costos de construcción.

El menor costo de la guadua se explica por su disponibilidad local, los bajos costos de producción y la menor cantidad de mano de obra especializada requerida para su procesamiento. Estos factores son especialmente relevantes en regiones como La Maná, donde la economía local puede verse beneficiada por la promoción de la construcción con materiales locales.

En cuanto al impacto ambiental, los resultados obtenidos son coherentes con los principios de la arquitectura sostenible, que promueve el uso de materiales naturales y renovables (Yeang, 1994). La menor tasa de energía requerida para la producción de guadua se traduce en una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y una menor huella de carbono asociada a la construcción. Además, la guadua es un material renovable que contribuye a la conservación de los bosques y a la captura de carbono (FAO, 2018).

Sin embargo, es importante reconocer que la construcción con guadua presenta ciertos desafíos, como la necesidad de desarrollar normativas técnicas específicas y de capacitar a los constructores en el manejo de este material. Además, la durabilidad de las construcciones de guadua puede verse afectada por factores como la humedad y los insectos, lo que requiere

la implementación de tratamientos adecuados.

Los resultados de este estudio tienen importantes implicaciones para el desarrollo sostenible del cantón La Maná y de otras regiones con características similares. La promoción de la construcción con guadua puede contribuir a:

- Reducir la dependencia de materiales importados: Al utilizar un material local como la guadua, se fomenta la economía local y se reduce la huella de carbono asociada a la importación de materiales.
- Conservar los recursos naturales: La construcción con guadua contribuye a la conservación de los bosques y a la protección de los recursos hídricos.
- Mejorar la calidad de vida de la población: Las viviendas construidas con guadua suelen ser más frescas en verano y más cálidas en invierno, lo que contribuye a mejorar el confort térmico y reducir el consumo de energía.
- Preservar el patrimonio cultural: La construcción con guadua está arraigada en las tradiciones constructivas de muchas comunidades y puede contribuir a preservar el patrimonio cultural.

En conclusión, este estudio demuestra que la guadua es una alternativa viable y sostenible al hormigón armado para la construcción de viviendas en el cantón La Maná. Sin embargo, se requieren más investigaciones para evaluar a largo plazo la durabilidad y el comportamiento sísmico de las construcciones de guadua, así como para desarrollar políticas públicas que fomenten su uso.

En todo caso, lo importante es que se trata de un material que se encuentra en estado natural y que, por ende, contribuye al desarrollo sostenible del planeta, razón por la cual humanamente es viable para la preservación de la especie humana, aunado a su fácil acceso y los bajos costos, lo cual contribuye en gran medida al crecimiento, evolución y urbanidad, siendo un valor agregado muy importante.

La *Guadua angustifolia* Kunth, un bambú leñoso de gran importancia en América Latina, en Ecuador es conocido comúnmente como caña guadua y tiene su hábitat natural en Venezuela, Colombia y Ecuador, también ha sido introducido en otros países como Perú, en todo caso, su valor viene desde tiempos ancestrales por sus múltiples usos, incluyendo la construcción (Añazco, 2013).

Cabe señalar que, la *Guadua* es reconocida como el tercer bambú más alto del mundo y considerada entre las 20 mejores especies de bambú del planeta, puesto que, su resistencia, flexibilidad y rápido crecimiento la convierten en un material de construcción sostenible y versátil. Sin embargo, a pesar de sus propiedades mecánicas y ambientales superiores al hormigón armado (Janssen citado por Ordóñez, 1999; Morán, 2014), su adopción a gran escala se ha visto limitada por factores culturales y técnicos.

La *Guadua* fue identificada en el año 1806 primero por los botánicos Alexander von Humboldt y Amadeo Bonpland como *Bambusa guadua*, posteriormente en el año 1822 el botánico alemán Karl S. Kunth identifica el género *Guadua*, haciendo uso del vocablo indígena “guadua”, con el que lo identificaban las comunidades indígenas de Colombia y Ecuador. Kunth rebautiza la especie con el nombre de *Guadua angustifolia*, que significa “hoja angosta”. (Añazco, 2013, p. 6)

Los hallazgos del presente estudio corroboran las ventajas de la guadua como material de construcción en términos de costo y sostenibilidad ambiental. Su capacidad para secuestrar carbono y regular la temperatura interior de las edificaciones la posiciona como una alternativa prometedora para mitigar los

efectos del cambio climático (Llano et. al., 2018). Además, su uso puede contribuir a la conservación de los bosques naturales al reducir la demanda de madera y otros materiales de construcción.

Sin embargo, la percepción negativa asociada a la guadua, relacionada con su vulnerabilidad al fuego y a los insectos, ha sido una barrera significativa para su adopción a gran escala. No obstante, investigaciones recientes (Instituto de Investigación de Estructuras y Materiales, 2023) han demostrado que mediante tratamientos adecuados, es posible mejorar significativamente la resistencia al fuego de la guadua.

La promoción de la guadua como material de construcción requiere de un enfoque multidisciplinario que aborde tanto los aspectos técnicos como los socioculturales. Es fundamental desarrollar tecnologías y tratamientos que optimicen las propiedades de la guadua, así como fomentar la investigación en el campo de la ingeniería estructural con bambú. Además, es necesario fortalecer la cadena de valor de la guadua, desde la producción hasta la comercialización, para garantizar su disponibilidad y calidad.

La construcción con guadua puede contribuir a fortalecer la identidad cultural de las comunidades, al utilizar un material local y tradicional. Además, puede generar empleo y desarrollo económico en las zonas rurales, donde se produce la guadua. Diversos estudios (Gómez Pompa, 1999; Toledo, 2000) han destacado la importancia de los conocimientos tradicionales asociados a la utilización de materiales locales como la guadua, y su contribución a la sostenibilidad de los sistemas socioecológicos.

La construcción con guadua también puede desempeñar un papel importante en la mitigación del cambio climático. Al secuestrar carbono atmosférico

durante su crecimiento, la guadua contribuye a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, su bajo consumo de energía durante la producción y construcción la convierte en una opción más sostenible en comparación con otros materiales de construcción (Angeles et. al., 2017).

Es fundamental promover la capacitación de los profesionales de la construcción en el diseño y ejecución de obras con guadua. La falta de conocimiento y experiencia en el manejo de este material ha sido una barrera para su implementación a mayor escala. En este sentido, programas de formación y transferencia tecnológica pueden desempeñar un papel clave.

En conclusión, la guadua representa una oportunidad única para desarrollar un sector de la construcción más sostenible y resiliente. Sin embargo, es necesario un esfuerzo conjunto de investigadores, gobiernos, empresas y comunidades para superar los desafíos existentes y promover el uso de este valioso recurso natural.

En definitiva, se recomienda para mejor conocimiento y provecho de la Guadua como especie natural del planeta en pro de la biodiversidad y sostenibilidad ambiental lo siguiente:

- Investigación continua: Es necesario continuar investigando las propiedades mecánicas y durabilidad de la guadua bajo diferentes condiciones climáticas y de uso.
- Desarrollo de normativas técnicas: Se deben desarrollar normas técnicas específicas para la construcción con guadua, que garanticen la seguridad y la calidad de las edificaciones.

- Capacitación de profesionales: Es fundamental capacitar a arquitectos, ingenieros y constructores en el diseño y ejecución de obras con guadua.
- Promoción de políticas públicas: Los gobiernos deben implementar políticas públicas que fomenten el uso de la guadua en la construcción, a través de incentivos fiscales, programas de financiamiento y la creación de mercados locales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angeles, G., López, M. y Pérez, J. (2017). Análisis del ciclo de vida de productos de construcción a base de guadua. *Revista Ingeniería e Investigación*, 27(2), 112-121.
- Añazco, M. (2013). Estudio de Vulnerabilidad del Bambú (Guadua Angustifolia) al Cambio Climático. Quito: Inbar.
- Arango, Á. (2015). Huella de Carbono y Aproximación a la Definición de Sostenibilidad del Recurso Guadua. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.
- Benyus, J. M. (1997). *Biomimética: Innovación inspirada en la naturaleza*. HarperCollins.
- Braun, V. y Clarke, V. (2006). Uso del análisis temático en psicología. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101.
- Cook, T. D. y Campbell, D. T. (1979). *Cuasi-experimentación: Diseño y cuestiones de análisis para entornos de campo*. Houghton Mifflin.
- Cooper, G. (2005). Bambúes de las Américas (BOTA) es un programa de acción para la conservación de bambúes. Primer Congreso Mexicano del Bambú. México.

- Corpei (2005). Perfil Productivo del Bambú (Caña Guadua Angustifolia) "Caña Brava". Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones, Quito.
- Creswell, J. W. (2014). Diseño de investigación: Enfoques cualitativos, cuantitativos y mixtos. Sage Publications.
- FAO (2018). El bambú y el desarrollo sostenible. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- GAD La Maná. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA MANÁ, Planificación. LA MANÁ.
- García, C. (2013). Estudio del comportamiento de demanda para el uso de la caña guadua en el Ecuador. Universidad Politécnica del Ejército, Quito.
- Gómez Pompa, A. (1999). La selva maya: estudio ecológico de una comunidad. Siglo XXI Editores.
- Instituto de Investigación de Estructuras y Materiales. (2023). Estudio sobre resistencia al fuego de la guadua. Informe de investigación.
- Janssen, citado por Ordóñez (1999). Ventajas y desventajas del sistema constructivo con bambú frente al sistema de hormigón armado en viviendas de interés social. Dialnet.
- Llano, G., Castro, D. y Hernández, J. (2018). Evaluación del potencial de la guadua como material de construcción sostenible en Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 12(2), 345-355.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. (2020). Vista de Construir con guadua: Tendencias en estudios a nivel de Latinoamérica.

- Morán, J. (2014). Vulnerabilidad de las viviendas de Bambú al Cambio Climático en la Costa del Ecuador. Unión Europea - Red Internacional del Bambú y el Ratán. Alvaro Cabrera y Paulina Soria.
- Olgay, V. (1963). Diseño con clima. Princeton University Press.
- Patton, M. Q. (2002). Métodos de investigación cualitativa y evaluación (3^a ed.). Sage Publications.
- Stern, M. (2001). Evaluación de la fijación del carbono en las plantaciones de la caña guadua (*Guadua angustifolia*; Poaceae; Bambusoideae) en Tropimaderas y Tropiteca. Herbario Nacional del Ecuador.
- Toledo, V. M. (2000). El pequeño productor de México. Siglo XXI Editores.
- Yeang, K. (1994). El verdor de la arquitectura. McGraw-Hill.

Conflicto de intereses

Los autores indican que esta investigación no tiene conflicto de intereses y, por tanto, acepta las normativas de la publicación en esta revista.

Con certificación de:

